

Adaptabilidade e estabilidade da produção de borracha e seleção em progênie de seringueira

Cecília Khusala Verardi⁽¹⁾, Marcos Deon Vilela de Resende⁽²⁾, Reginaldo Brito da Costa⁽³⁾
e Paulo de Souza Gonçalves⁽¹⁾

⁽¹⁾Instituto Agronômico, Programa Seringueira, Caixa Postal 28, CEP 13012-970 Campinas, SP. E-mail: ckverardi@yahoo.com.br, paulog@iac.sp.gov ⁽²⁾Embrapa Florestas, Caixa Postal 319, CEP 83411-000 Colombo, PR. E-mail: marcos.deon@gmail.com ⁽³⁾Universidade Federal de Mato Grosso, Faculdade de Engenharia Florestal, Avenida Fernando Corrêa, s/nº, Coxipó, CEP 78060-900 Cuiabá, MT. E-mail: reg.brito.costa@gmail.com

Resumo – Os objetivos deste trabalho foram determinar a interação genótipo x ambiente e a estabilidade e adaptabilidade da produção de borracha em progênie de seringueira (*Hevea brasiliensis* (Willd. ex A. Juss.) Müll. Arg.), bem como estimar o ganho genético com a seleção dos materiais mais produtivos. Foram utilizadas três populações de progênie de meios-irmãos de seringueira, cultivadas em três municípios do Estado de São Paulo. Os experimentos foram instalados em delineamento de blocos ao acaso com 22 progênie, 6 repetições e 10 plantas por parcela, com espaçamento de 1,5x1,5 m. Aos três anos de idade, as progênie foram avaliadas quanto à produção de borracha seca utilizando-se o teste precoce de produção Hamaker Morris-Mann. As análises de estabilidade e adaptabilidade foram obtidas por modelos lineares mistos Reml/Blup. A seleção das cinco progênie mais produtivas proporcionou ganho genético de 8,16%. A pequena variação de desempenho das progênie mais produtivas, nos três locais de plantio, indica boa estabilidade fenotípica dos genótipos. As três progênie mais produtivas apresentam superioridade de produção de 14 a 19% sobre a média geral, nos três ambientes. As progênie selecionadas nos três locais podem ser indicadas para utilização na sequência de programas de melhoramento genético e podem levar à maximização na produção de látex.

Termos para indexação: *Hevea brasiliensis*, Blup, interação genótipo x ambiente, modelos mistos, Reml, seleção genética.

Adaptability and stability of rubber production and selection in rubber tree progenies

Abstract – The objectives of this work were to determine the genotype x environment interaction and the stability and adaptability of rubber production in progenies of *Hevea brasiliensis* (Willd. ex A. Juss.) Müll. Arg., as well as to estimate the genetic gain with selection of the most productive materials. Three half-sib progeny populations of rubber were cultivated in three municipalities in the state of São Paulo. The experiments were installed in a randomized complete block design with 22 progenies, 6 replicates and 10 plants per plot, with spacing of 1.5x1.5 m. At three years of age, the progenies were evaluated regarding dry rubber production, using the Hamaker Morris-Mann test. The adaptability and stability analyses were obtained using the Reml/Blup mixed linear models. The selection of the five most productive progenies provided a genetic gain of 8.16%. The small performance variation of the most productive progenies in the three locations demonstrates good stability of these genotypes. The three most productive progenies presented 14 to 19% superiority over the general average at the three locations. The selected progenies can be indicated for use in the genetic breeding program sequence and can lead to maximization of latex production.

Index terms: *Hevea brasiliensis*, Blup, genotype x environment interaction, mixed models, Reml, genetic selection.

Introdução

A identificação de genótipos com alta produtividade e estabilidade de produção e ampla adaptabilidade aos mais variados ambientes é um dos principais objetivos dos programas de melhoramento de seringueira no Estado de São Paulo. A condução de experimentos em vários locais é necessária para possibilitar melhor quantificação do efeito da interação genótipo x ambiente

e de seu possível impacto sobre a seleção e indicação de cultivares, e para que se assegure maior confiabilidade na recomendação dessas cultivares (Sudaric et al., 2006). Os estudos dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade fenotípica dos genótipos têm sido de grande contribuição nesse aspecto, pois fornecem informações sobre o comportamento de cada genótipo em várias condições ambientais (Cruz et al., 2004).

Metodologias estatísticas de fácil interpretação e com seleção simultânea para produção, adaptabilidade e estabilidade têm sido desenvolvidas buscando-se a seleção de genótipos com elevados rendimentos em diferentes ambientes de plantio (Cruz et al., 2004; Bastos et al., 2007). Segundo Carbonell et al. (2007), a seleção simultânea para produção, estabilidade e adaptabilidade, no contexto de modelos mistos, pode ser realizada pelo método da média harmônica da performance relativa dos valores genéticos preditos (MHPRVG). Esse método, proposto por Resende (2004), é similar às metodologias de Annicchiarico (1992) e de Lin & Binns (1988) e permite, segundo Sturion & Resende (2005), realizar a seleção para os três atributos mencionados de forma simultânea, além de apresentar outras vantagens. Ele considera os efeitos genotípicos como aleatórios e, portanto, fornece estabilidade e adaptabilidade genotípica e permite lidar com dados desbalanceados, delineamentos não ortogonais e heterogeneidade de variâncias. Também permite considerar erros correlacionados dentro de locais, bem como a estabilidade e adaptabilidade na seleção de indivíduos dentro de progênie. Ademais, fornece valores genéticos já descontados (penalizados) da instabilidade e pode ser aplicado a qualquer número de ambientes. Finalmente, gera resultados na própria unidade ou escala do caráter avaliado, que podem ser interpretados diretamente como valores genéticos. Essa última é a principal vantagem sobre outros métodos, como o de Lin & Binns (1988), que fornece resultados que não são interpretados diretamente como valores genéticos e, portanto, não permitem computar o ganho genético no caráter composto pela produtividade, estabilidade e adaptabilidade. O método de Annicchiarico (1992) depende, adicionalmente, de suposições de valores de α associados a $Z_{(1-\alpha)}$, que se referem ao percentil da distribuição normal padrão associado a determinado nível de significância α .

Os trabalhos com estabilidade e adaptabilidade em seringueira têm sido realizados empregando-se métodos tradicionais, como a análise de variância e de regressão (Gonçalves et al., 2008, 2009). A aplicação do método MHPRVG é um avanço, pois se baseia em uma análise de valores genotípicos preditos via metodologia de modelos mistos.

Os objetivos deste trabalho foram determinar a interação genótipo x ambiente, a estabilidade e a adaptabilidade da produção de borracha em progênies de seringueira (*Hevea brasiliensis*), bem como estimar o ganho genético com a seleção dos materiais mais produtivos.

Material e Métodos

O trabalho foi desenvolvido utilizando-se três populações de progênies de meios-irmãos de seringueira, cultivadas em três pólos regionais da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, em municípios que representam diferentes regiões de heveicultura no Estado de São Paulo (Tabela 1).

O estudo foi conduzido utilizando-se progênies de meios-irmãos, obtidas de clones parentais de germoplasma procedente do Sudeste Asiático estabelecidos em 1952 no Instituto Agrônomo, em Campinas, SP. Os experimentos foram instalados nos municípios de Jaú, Pindorama e Votuporanga, no Estado de São Paulo, em delineamento de blocos ao acaso com 22 tratamentos, seis repetições e dez plantas por parcela, com espaçamento de 1,5x1,5 m. A produção de borracha seca foi determinada pelo teste de avaliação precoce da produtividade Hamaker Morris-Mann modificado (HMMm), em plantas de três anos de idade (Tan & Subramanian, 1976). Utilizou-se a produção média de borracha seca de 20 sangrias consecutivas por planta. A abertura dos painéis foi realizada a 15 cm de altura do solo, utilizando-se o sistema ½S d/3ET 2,5% (sangria em

Tabela 1. Detalhamento dos experimentos de avaliação das progênies e de seus locais de realização, em três municípios do Estado de São Paulo.

| Variáveis descritivas | Jaú | Pindorama | Votuporanga |
|-------------------------------|-----------|-----------|-------------|
| Número de repetições | 6 | 6 | 6 |
| Altitude (m) | 580 | 560 | 450 |
| Latitude (S) | 22°17' | 21°13' | 20°25' |
| Longitude (W) | 48°34' | 48°56' | 49°59' |
| Temperatura média anual (°C) | 21,6 | 21 | 22,3 |
| Precipitação média anual (mm) | 1.344 | 1.390 | 1.480 |
| Classe de solo | Latossolo | Argissolo | Argissolo |
| Terreno | Plano | Plano | Plano |

meio espiral a cada três dias, com estimulação de etefon a 2,5%), no total de 25 sangrias, descartando-se as cinco primeiras, que correspondem à fase de “amansamento do painel”.

Os componentes da variação fenotípica, a estabilidade e a adaptabilidade das populações foram estimados nos três locais utilizando-se o programa genético-estatístico Selegen-Reml/Blup, modelo 51 (Resende, 2007b), associado ao modelo misto com interação genótipo x ambiente, expresso pela equação determinada por Resende (2002, 2007a), $y = Xr + Za + Wp + Ti + e$, em que: y é o vetor de dados, r é o vetor dos efeitos de repetição (assumidos como fixos) somados à média geral, a é o vetor dos efeitos genéticos aditivos (assumidos como aleatórios), p é o vetor dos efeitos de parcela (aleatórios), i é vetor dos efeitos da interação genótipo x ambiente (aleatórios), e e , o vetor de erros ou resíduos (aleatórios). X , Z , W e T representam as matrizes de incidência para os respectivos efeitos.

A partir dos componentes de variância associados a esses efeitos, foram estimados os seguintes parâmetros genéticos: herdabilidade individual no sentido amplo [$\hat{h}_a^2 = (\hat{\sigma}_a^2 + \hat{\sigma}_D^2) / (\hat{\sigma}_a^2 + \hat{\sigma}_D^2 + \hat{\sigma}_e^2)$]; correlação devida ao ambiente comum da parcela [$\hat{c}^2 = \hat{\sigma}_c^2 / (\hat{\sigma}_a^2 + \hat{\sigma}_p^2 + \hat{\sigma}_e^2)$];

herdabilidade média de progêneses [$\hat{h}_{mp}^2 = 0,25 \hat{\sigma}_a^2 / [0,25 \hat{\sigma}_a^2 + (\hat{\sigma}_p^2/b) + (\hat{\sigma}_e^2/nb)]$]; variância fenotípica individual ($\hat{\sigma}_f^2 = \hat{\sigma}_a^2 + \hat{\sigma}_p^2 + \hat{\sigma}_e^2$); coeficiente de variação genética individual [$CV_{gi} (\%) = (\hat{\sigma}_a^2/\bar{x})^{0,5} \cdot 100$]; coeficiente de variação ambiental dentro da parcela [$CV_e (\%) = (\hat{\sigma}_e^2/\bar{x})^{0,5} \cdot 100$]; ganho de seleção em percentagem [$Gs (\%) = (Gs/\bar{x}) \cdot 100$], em que $\hat{\sigma}_a^2$ é a variância genética aditiva, $\hat{\sigma}_e^2$ é a variância residual dentro de parcelas (ambiental + não aditiva), $\hat{\sigma}_p^2$ é a variância ambiental entre parcelas, e $\hat{\sigma}_d^2$ é a variância genética dominante.

A partir da predição dos valores genotípicos segundo o modelo apresentado, foram estimados os valores da média harmônica da performance relativa dos valores genéticos preditos (MHPRVG), para todas as progêneses, segundo o procedimento descrito por Oliveira et al. (2005).

Resultados e Discussão

Os resultados das análises genéticas e estatísticas do teste de progênie estão apresentados na Tabela 2. As médias de produção de cada local estudado foram 0,8895 g de borracha em Jaú, 0,9725 g em Pindorama e 0,5963 g em Votuporanga, e a média geral foi de 0,8185 g. Observou-se baixa herdabilidade individual no sentido amplo, livre da interação com locais

Tabela 2. Estimativas de parâmetros genéticos para progêneses de meios-irmãos de seringueira avaliadas aos três anos de idade, nos municípios de Jaú, Pindorama e Votuporanga, no Estado de São Paulo.

| Parâmetros genéticos ⁽¹⁾ | Jaú | Pindorama | Votuporanga | Análise conjunta |
|-------------------------------------|---------------|---------------|---------------|------------------|
| $\hat{\sigma}_g^2$ | 0,0214 | 0,5015 | 0,0875 | 0,0052 |
| $\hat{\sigma}_{\text{parc}}^2$ | 0,0129 | 0,0419 | 0,0008 | 0,0433 |
| $\hat{\sigma}_{\text{int}}^2$ | - | - | - | 0,0083 |
| $\hat{\sigma}_e^2$ | 0,2856 | 0,2073 | 0,1663 | 0,3911 |
| $\hat{\sigma}_f^2$ | 0,3199 | 0,7507 | 0,2545 | 0,4478 |
| \hat{h}_a^2 | 0,0669±0,0598 | 0,6680±0,1372 | 0,3436±0,1009 | 0,0116±0,0058 |
| \hat{h}_{mp}^2 | 0,4269 | 0,8824 | 0,8453 | 0,4158 |
| \hat{r}_{aa} | 0,6534 | 0,9393 | 0,9194 | 0,6448 |
| \hat{r}_{gloc} | - | - | - | 0,3872 |
| $CV_g (\%)$ | 16,4444 | 72,8145 | 49,5936 | 8,8231 |
| $CV_e (\%)$ | 23,3354 | 32,5597 | 25,9797 | 35,0625 |
| Média geral | 0,8895 | 0,9725 | 0,5963 | 0,8185 |

⁽¹⁾ $\hat{\sigma}_g^2$, variância genotípica; $\hat{\sigma}_{\text{parc}}^2$, variância ambiental entre parcelas; $\hat{\sigma}_{\text{int}}^2$, variância da interação genótipo x ambiente; $\hat{\sigma}_e^2$, variância residual entre parcelas; $\hat{\sigma}_f^2$, variância fenotípica individual; \hat{h}_a^2 , coeficiente de herdabilidade individual no sentido amplo; \hat{h}_{mp}^2 , herdabilidade da média de progêneses; \hat{r}_{aa} , acurácia da seleção de progêneses; \hat{r}_{gloc} , correlação genotípica entre o desempenho nos vários ambientes; (CV_g) coeficiente de variação genética; (CV_e) coeficiente de variação residual.

($\hat{h}_a^2 = 0,0116 \pm 0,0058$). A herdabilidade média de progênie em todos os ambientes apresentou valor médio ($\hat{h}_{mp}^2 = 0,4158$) de acordo com Resende (2002), o que expressa a influência do ambiente sobre produção de borracha, o que pode dificultar a seleção. Valores superiores da herdabilidade de média de progênie ($\hat{h}_{mp}^2 = 0,77$) foram obtidos por Costa et al. (2008) para a mesma espécie e caráter.

A interação genótipo x ambiente observada foi de alta magnitude, com correlação da performance genotípica nos ambientes igual a 0,39. Isso revela a presença de interação genótipo x ambiente do tipo complexa (Vencovsky & Barriga, 1992).

O coeficiente de variação genética apresentou valor de baixa magnitude (8,82%), não condizente com o relatado por Moreti et al. (1994), considerado elevado (36,93%). Foi observado alto valor para o coeficiente de variação residual (35,06%), comparável ao observado por Costa et al. (2008).

A seleção das cinco progênies mais produtivas, considerando também a estabilidade e a adaptabilidade, proporcionou ganho de seleção da ordem de 8,16% (Tabela 3) nos três ambientes.

O valor encontrado é condizente com os relatados por Gonçalves et al. (2004a, 2004b). O ganho genético com a seleção das cinco progênies mais produtivas em cada local foi mais expressivo em Pindorama (15,76%), seguido por Votuporanga (14,99%) e Jaú (9,66%). Esses resultados estão de acordo com os observados por Costa et al. (2000).

A ordem de produtividade das progênies variou de acordo com o ambiente (Tabela 3). A pequena variação observada indica boa estabilidade de produção das progênies. Houve coincidência de 100% no ordenamento das cinco progênies mais produtivas pelos critérios de adaptabilidade (PRVG), de estabilidade (MHVG), de ambos simultaneamente (MHPRVG), e de produtividade média (Tabela 4). Esse resultado é indicativo de que predições seguras sobre valores genéticos podem ser feitas com um único critério de seleção contemplando três atributos: produção, estabilidade e adaptabilidade.

Em termos de adaptabilidade, a performance relativa dos valores genotípicos nos ambientes é uma medida simples e efetiva no contexto dos modelos mistos, pois fornece os resultados em

Tabela 3. Valores genotípicos⁽¹⁾ das progênies avaliadas e ganhos genéticos preditos (%) das cinco melhores progênies de seringueira quanto ao caráter produção de borracha seca aos três anos de idade, nos Municípios de Jaú, Pindorama e Votuporanga, no Estado de São Paulo.

| Progênies ⁽²⁾ | Análise conjunta | | Progênies | Jaú | | Progênies | Pindorama | | Progênies | Votuporanga | |
|--------------------------|------------------|----------------|-----------|------------------|----------------|-----------|------------------|----------------|-----------|------------------|----------------|
| | Valor genotípico | Ganho genético | | Valor genotípico | Ganho genético | | Valor genotípico | Ganho genético | | Valor genotípico | Ganho genético |
| 13 | 0,9806 | 12,96 | 13 | 0,9964 | 13,07 | 13 | 1,2497 | 28,02 | 11 | 0,7492 | 25,29 |
| 14 | 0,9448 | 11,53 | 7 | 0,9948 | 12,99 | 14 | 1,1927 | 25,09 | 14 | 0,7307 | 23,75 |
| 11 | 0,9281 | 10,60 | 15 | 0,9725 | 12,12 | 11 | 1,1024 | 21,02 | 13 | 0,6960 | 21,81 |
| 15 | 0,8817 | 9,22 | 3 | 0,9335 | 10,59 | 15 | 1,0699 | 18,15 | 10 | 0,6322 | 17,39 |
| 7 | 0,8676 | 8,16 | 11 | 0,9328 | 9,66 | 17 | 1,0376 | 15,76 | 12 | 0,6304 | 14,99 |
| 10 | 0,8405 | - | 9 | 0,9285 | - | 10 | 1,0259 | - | 7 | 0,6248 | - |
| 16 | 0,8317 | - | 14 | 0,9112 | - | 18 | 1,0102 | - | 9 | 0,6092 | - |
| 12 | 0,8216 | - | 1 | 0,9036 | - | 2 | 1,0078 | - | 16 | 0,6032 | - |
| 2 | 0,8212 | - | 16 | 0,8932 | - | 16 | 0,9986 | - | 15 | 0,6029 | - |
| 9 | 0,8188 | - | 5 | 0,8681 | - | 7 | 0,9833 | - | 2 | 0,5982 | - |
| 17 | 0,8143 | - | 20 | 0,8653 | - | 12 | 0,9749 | - | 6 | 0,5929 | - |
| 1 | 0,8069 | - | 10 | 0,8634 | - | 6 | 0,9616 | - | 21 | 0,5888 | - |
| 18 | 0,8060 | - | 12 | 0,8596 | - | 1 | 0,9476 | - | 20 | 0,5735 | - |
| 20 | 0,7939 | - | 2 | 0,8576 | - | 20 | 0,9430 | - | 8 | 0,5719 | - |
| 3 | 0,7937 | - | 17 | 0,8563 | - | 9 | 0,9186 | - | 1 | 0,5695 | - |
| 6 | 0,7828 | - | 18 | 0,8436 | - | 22 | 0,8846 | - | 3 | 0,5692 | - |
| 5 | 0,7615 | - | 8 | 0,8362 | - | 3 | 0,8785 | - | 18 | 0,5642 | - |
| 8 | 0,7516 | - | 4 | 0,8217 | - | 5 | 0,8770 | - | 17 | 0,5489 | - |
| 21 | 0,7507 | - | 19 | 0,8174 | - | 21 | 0,8691 | - | 5 | 0,5393 | - |
| 22 | 0,7408 | - | 22 | 0,8173 | - | 19 | 0,8601 | - | 4 | 0,533 | - |
| 4 | 0,7376 | - | 21 | 0,7942 | - | 4 | 0,8579 | - | 22 | 0,5204 | - |
| 19 | 0,7309 | - | 6 | 0,7939 | - | 8 | 0,8466 | - | 19 | 0,5153 | - |

⁽¹⁾Somatório dos parâmetros: médias de produção; efeito genético predito; efeito médio da interação genótipo x ambiente; e efeito genético no ambiente considerado. ⁽²⁾Progênies de meios-irmãos, obtidas de clones parentais de germoplasma procedente do Sudeste Asiático estabelecidos em 1952 no Instituto Agrônomico, em Campinas, SP.

Tabela 4. Adaptabilidade de valores genotípicos (PRVG), estabilidade de valores genotípicos (MHVG), estabilidade e adaptabilidade de valores genotípicos (MHPRVG) para o caráter produção de borracha seca de progêneses de seringueira avaliadas em três locais do Estado de São Paulo.

| Progêneses ⁽¹⁾ | PRVG | PRVG x média geral | Progêneses | MHVG | Progêneses | MHPRVG | MHPRVG x média geral |
|---------------------------|--------|--------------------|------------|-------|------------|--------|----------------------|
| 13 | 1,1914 | 0,975 | 13 | 0,926 | 13 | 1,1882 | 0,973 |
| 14 | 1,1591 | 0,949 | 14 | 0,908 | 14 | 1,1521 | 0,943 |
| 11 | 1,1467 | 0,939 | 11 | 0,905 | 11 | 1,1413 | 0,934 |
| 15 | 1,0692 | 0,875 | 15 | 0,828 | 15 | 1,0673 | 0,874 |
| 7 | 1,0603 | 0,868 | 7 | 0,828 | 7 | 1,0578 | 0,866 |
| 10 | 1,0292 | 0,842 | 10 | 0,808 | 10 | 1,0280 | 0,842 |
| 16 | 1,0150 | 0,831 | 12 | 0,795 | 16 | 1,0150 | 0,831 |
| 12 | 1,0094 | 0,826 | 16 | 0,794 | 12 | 1,0083 | 0,825 |
| 9 | 1,0044 | 0,822 | 9 | 0,788 | 9 | 1,0021 | 0,820 |
| 2 | 1,0019 | 0,820 | 2 | 0,783 | 2 | 1,0014 | 0,820 |
| 17 | 0,9840 | 0,806 | 1 | 0,766 | 1 | 0,9817 | 0,804 |
| 1 | 0,9828 | 0,804 | 18 | 0,760 | 17 | 0,9805 | 0,803 |
| 18 | 0,9784 | 0,801 | 17 | 0,759 | 18 | 0,9769 | 0,800 |
| 3 | 0,9703 | 0,794 | 20 | 0,758 | 20 | 0,9688 | 0,793 |
| 20 | 0,9689 | 0,793 | 3 | 0,756 | 3 | 0,9658 | 0,791 |
| 6 | 0,9590 | 0,785 | 6 | 0,753 | 6 | 0,9573 | 0,784 |
| 5 | 0,9284 | 0,760 | 21 | 0,730 | 5 | 0,9266 | 0,759 |
| 21 | 0,9253 | 0,757 | 8 | 0,727 | 21 | 0,9235 | 0,756 |
| 8 | 0,9241 | 0,756 | 5 | 0,724 | 8 | 0,9222 | 0,755 |
| 22 | 0,9012 | 0,738 | 4 | 0,704 | 22 | 0,9006 | 0,737 |
| 4 | 0,9008 | 0,737 | 22 | 0,702 | 4 | 0,9002 | 0,737 |
| 19 | 0,8900 | 0,729 | 19 | 0,693 | 19 | 0,8891 | 0,728 |

⁽¹⁾Progêneses de meios-irmãos, obtidas de clones parentais de germoplasma procedente do Sudeste Asiático estabelecidos em 1952 no Instituto Agrônomo, em Campinas, SP.

termos de componentes de médias e preserva a escala de avaliação do caráter. Nesse caso, os valores genotípicos preditos (ou dados originais) são expressos como uma proporção da média geral em cada local e, em seguida, o valor médio dessa proporção nos ambientes é obtido (Zeni-Neto et al., 2008).

A progênie mais produtiva pelo critério MHPRVG apresentou superioridade de 19% em relação à média geral dos três ambientes (Tabela 4). Os valores de PRVG e MHPRVG apresentam superioridade média do genótipo em relação à média do ambiente no qual esse genótipo está plantado (Zeni-Neto et al., 2008). O valor de MHPRVG x média geral é o valor genotípico médio das progêneses nos locais avaliados já penalizado pela instabilidade e capitalizado pela adaptabilidade (Carbonell et al., 2007). Pelo critério MHPRVG, as três melhores progêneses produzem entre 14 e 19% a mais em relação à média dos ambientes em que foram plantadas, o que revela boa adaptabilidade ou capacidade de resposta à melhoria do ambiente.

As progêneses mais produtivas selecionadas nos três locais estão aptas a participar de programas de melhoramento que visem ao aumento da produção de cultivares de seringueira.

Conclusões

1. A seleção das melhores progêneses em todos os locais proporciona alto ganho genético.
2. As progêneses demonstram grande estabilidade nos ambientes avaliados.
3. As três melhores progêneses selecionadas apresentam adaptabilidade e estabilidade nos três locais simultaneamente.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, pelo apoio financeiro, e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, por bolsa concedida.

Referências

- ANNICCHIARICO, P. Cultivar adaptation and recommendation from alfalfa trials in Northern Italy. **Journal of Genetics and Plant Breeding**, v.46, p.269-278, 1992.
- BASTOS, I.T.; BARBOSA, M.H.P.; RESENDE, M.D.V. de; PETERNELLI, L.A.; SILVEIRA, L.C.I. da; DONDA, L.R.; FORTUNATO, A.A.; COSTA, P.M. de A.; FIGUEIREDO, I.C.R. de. Avaliação da interação genótipo x ambiente em cana-de-açúcar via modelos mistos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.37, p.195-203, 2007.

- CARBONELL, S.A.M.; CHIORATO, A.F.; RESENDE, M.D.V. de; DIAS, L.A. dos S.; BERALDO, A.L.A.; PERINA, E.F. Estabilidade em cultivares e linhagens de feijoeiro e diferentes ambientes no Estado de São Paulo. **Bragantia**, v.66, p.193-201, 2007.
- COSTA, R.B. da; RESENDE, M.D.V. de; ARAÚJO, A.J. de; GONÇALVES, P. de S.; HIGA, A.R. Selection and genetic gain in rubber tree (*Hevea*) populations using a mixed mating system. **Genetics and Molecular Biology**, v.23, p.671-679, 2000.
- COSTA, R.B. da; RESENDE, M.D.V. de; GONÇALVES, P. de S.; CHICHORRO, J.F.; ROA, R.A.R. Variabilidade genética e seleção para caracteres de crescimento da seringueira. **Bragantia**, v.67, p.299-305, 2008.
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3.ed. Viçosa: UFV, 2004. 480p.
- GONÇALVES, P. de S.; MARTINS, A.L.M.; BORTOLETTO, N.; SAES, L.A. Selection and genetic gains for juvenile traits in progenies of *Hevea* in São Paulo state, Brazil. **Genetics and Molecular Biology**, v.27, p.207-214, 2004a.
- GONÇALVES, P. de S.; MARTINS, A.L.M.; COSTA, R.B. da; SILVA, M. de A.; CARDINAL, Á.B.B.; GOUVÊA, L.R.L. Estimates of annual genetic parameters and expected gains in the second cycle of *Hevea* genotype selection. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.4, p.416-421, 2004b.
- GONÇALVES, P. de S.; MORAES, M.L.T. de; GOUVÊA, L.R.L.; AGUIAR, A.T. da E.; SCALOPPI JUNIOR, E.J. Temporal stability for unpredictable annual climatic variability for *Hevea* genotype selection. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.51, p.11-18, 2008.
- GONÇALVES, P. de S.; MORAES, M.L.T. de; SILVA, M. de A.; GOUVÊA, L.R.L.; AGUIAR, A.T. da E.; COSTA, R.B. da. Prediction of *Hevea* progeny performance in the presence of genotype-environment interaction. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.52, p.25-33, 2009.
- LIN, C.S.; BINNS, M.R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. **Canadian Journal of Plant Science**, v.68, p.193-198, 1988.
- MORETI, D.; GONÇALVES, P. de S.; GORGULHO, E.P.; MARTINS, A.L.M.; BORTOLETTO, N. Estimativas de parâmetros genéticos e ganhos esperados com a seleção de caracteres juvenis em progênies de seringueira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, p.1099-1109, 1994.
- OLIVEIRA, R.A. de; RESENDE, M.D.V. de; DAROS, E.; BESPALHOK FILHO, J.C.; ZAMBON, J.L.C.; IDO, O.T.; KOEHLER, H.W. Genotypic evaluation and selection of sugarcane clones in three environments in the state of Paraná. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.5, p.426-434, 2005.
- RESENDE, M.D.V. de. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2002. 975p.
- RESENDE, M.D.V. de. **Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007a. 560p.
- RESENDE, M.D.V. de. **Métodos estatísticos ótimos na análise de experimentos de campo**. Colombo: Embrapa Florestas, 2004. 65p. (Embrapa Florestas. Documentos, 100).
- RESENDE, M.D.V. de. **SELEGEN-REML/BLUP: sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007b.
- STURION, J.A.; RESENDE, M.D.V. de. Seleção de progênies de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) para a produtividade, estabilidade e adaptabilidade temporal de massa foliar. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n.50, p.37-51, 2005.
- SUDARIC, A.; SIMIC, D.; VRATARIC, M. Characterization of genotype by environment interactions in soybean breeding programmes of southeast Europe. **Plant Breeding**, v.125, p.191-194, 2006.
- TAN, H.; SUBRAMANIAN, S. A five-parents diallell cross analysis for certain characters of young *Hevea* seedlings. In: INTERNATIONAL RUBBER CONFERENCE RRIM, 1975, Kuala Lumpur. **Proceedings**. Kuala Lumpur: Rubber Research Institute of Malaysia, 1976. v.2, p.13-16.
- VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 486p.
- ZENI-NETO, H.; OLIVEIRA, R.A. de; DAROS, E.; BESPALHOK FILHO, J.C.; ZAMBON, J.L.C.; IDO, O.T.; WEBER, H. Seleção para produtividade, estabilidade e adaptabilidade de clones de cana-de-açúcar em três ambientes no Estado do Paraná via modelos mistos. **Scientia Agraria**, v.9, p.425-430, 2008.

Recebido em 6 de março de 2009 e aprovado em 30 de setembro de 2009